

**CONFERENCE**  
SEPTEMBER 27-29 • OHRID • MACEDONIA

INTERNATIONAL COUNCIL  
FOR LARGE ELECTRIC SYSTEMS  
MACEDONIAN COMMITTEE

**makovcigré**  
**2015**

## ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ PROCEEDINGS

МАКЕДОНСКИ КОМИТЕТ  
ЗА ГОЛЕМИ ЕНЕРГЕТСКИ СИСТЕМИ  
ВО СИГРЕ

**9. СОВЕТУВАЊЕ**  
27-29 СЕПТЕМВРИ • ОХРИД • МАКЕДОНИЈА



**ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ**

**PROCEEDINGS**



**9. СОВЕТУВАЊЕ**  
**Охрид, 27–29 септември 2015**

**Издавач****МАКЕДОНСКИ КОМИТЕТ ЗА ГОЛЕМИ ЕЛЕКТРИЧНИ СИСТЕМИ ВО СИГРЕ**

Факултет за електротехника и информациски технологии

Ул. Руѓер Бошковиќ бб

1000 Скопје

Тел. +389 2 3099-125

**За издавачот**

Рубин Талески

**Уредник**

Рубин Талески

**Техничка подготовка**

Јорданчо Ангелов

Јовица Вулетиќ

Петар Крстевски

**Графички дизајн**

Огнен Стаматовски

CIP – Каталогизација во публикација  
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

621.31(062)

СОВЕТУВАЊЕ на МАКО СИГРЕ (9 ; 2015 ; Охрид)

Зборник на трудови [Електронски извор] / Деветто советување МАКО  
SIGRE, Охрид, 27-29 септември 2015 ; [уредник Рубин Талески]. -  
Текст во PDF формат, содржи 1098 стр. - Скопје : Македонски  
комитет за големи електрични системи во СИГРЕ, 2015

Начин на пристап (URL):

[mako-cigre.mk/sovetuvanja/2015/pdf/2015-proceedings.pdf](http://mako-cigre.mk/sovetuvanja/2015/pdf/2015-proceedings.pdf) -

Текст на македонски и англиски јазик. -

Библиографија кон трудовите

ISBN 978-608-4578-07-9

1. Талески, Рубин [уредник]

а) Електроенергетски системи - Собири

COBISS.MK-ID 99319050

## СПИСОК НА ТРУДОВИ

### СТК А1 ВРТЛИВИ ЕЛЕКТРИЧНИ МАШИНИ

- A1-040R-MK **Можности за намалување на загубите во електромоторните погони на транспортерите во ПЕ Рудници во РЕК Битола**  
Миле Тодоровски, Слободан Мирчевски, Драган Видановски
- A1-041R-MK **Поправка на факторот на моќност во енергетските мрежи на ПЕ Рудници**  
Драган Видановски, Слободан Мирчевски, Миле Тодоровски
- A1-060R-MK **Зголемување на енергетската ефикасност кај водоснабдителните системи**  
Славица Костадинова, Аце Панев, Влатко Чингоски
- A1-063R-MK **Високо ефикасни Transporm TN асинхрони мотори**  
Коста Папастеревски, Влатко Чингоски
- A1-064R-MK **Споредба и избор на ветрогенератори за модел на ветерно поле со познати локациски услови**  
Маја Целеска, Влатко Стоилков, Крсте Најденокоски, Владимир Димчев
- A1-067R-MK **Анализа на енергетската ефикасност на синхрониот генератор во МХЕ Јабланица преку неговата погонска карта**  
Дејан Пејовски, Крсте Најденкоски, Марија Илиева
- A1-082R-MK **Пресметување на електромагнетни карактеристики на трифазен асинхрон мотор со кафезен ротор по метод на конечни елементи**  
Николче Талевски, Мирка Попниколова Радевска, Благоја Арапиноски, Весна Чешелоска
- A1-085R-MK **Определување на параметрите на трифазен асинхрон мотор со двоен кафезен ротор преку тридимензионална пресметка на магнетното поле**  
Благоја Арапиноски, Мирка Попниколова Радевска, Весна Чешелкоска, Миле Спировски
- A1-102R-EN **Ревитализација на генератори и системи за возбуда и примена на современи системи за мониторинг кај ревитализираните генератори во хидроелектрични центри**  
Јадранко Сударевиќ, Марио Брчиќ, Игор Бартуловиќ, Андријана Каповиќ
- A1-051I-MK **Експлоатација и одржување на асинхрон мотор со употреба на фреквентен регулатор за подобрување на енергетската ефикасност**  
Дејанчо Трајанов, Игор Ристов, Јован Евтимов
- A1-058I-MK **Состојба на изолациониот систем на 6 kV високонапонски синхрон мотор со моќност 5000 HP во Рудник Бучим**  
Тане Петров, Борче Јованов, Санде Стоичков
- A1-069I-MK **Новости во подрачјето на големи електрични мотори во CIGRE SC A1**  
Слободан Мирчевски, Драган Видановски
- A1-081I-MK **Класична пресметка на трифазен асинхрон мотор со кафезен ротор**  
Николче Талевски, Мирка Попниколова Радевска, Благоја Арапиноски, Весна Чешелоска



**СТК А2    ТРАНСФОРМАТОРИ**

- A2-042R-MK    **Управување со работата на енергетските трансформатори од аспект на загубите на моќност**  
Крсте Најденкоски, Горан Рафајловски, Михаил Дигаловски, Роберт Робески, Милош Буквиќ
- A2-043R-EN    **Споредба на резултатите за густината на силите добиени со 2D и 3D пресметка и нивно влијание на издржливоста на куси врски на енергетски трансформатор**  
Фрањо Келемен, Горан Плишиќ
- A2-086R-MK    **Прецизно определување на загубите во магнетното коло на трансформаторот во фазата на проектирање**  
Михаил Дигаловски, Крсте Најденкоски, Горан Рафајловски
- A2-026I-MK    **Дополнителни загуби во регулациона намотка кај енергетски автотрансформатори со индуктивна преклопка под товар**  
Жан Кипаризоски

**СТК А3    ВИСОКОНАПОНСКА ОПРЕМА**

- A3-055R-MK    **Менаџерски и лидерски вештини во проекти во електроенергетика**  
Зорица Сапламаева, Вангел Фуштиќ
- A3-077I-MK    **Новиот високонапонски прекинувач во склад со тенденциите за заштита на околината**  
Роберт Фекетија, Роберт Робески, Виолета Попова
- A3-138I-MK    **Концепт на управување на каскадно поврзани хидроелектрани**  
Маја Јованова

**СТК Б1    ИЗОЛИРАНИ КАБЛИ**

- B1-009R-MK    **Пресметка на електричните параметри на XLPE кабли со MATLAB power\_cableparam**  
Методија Атанасовски, Николче Ацевски, Благоја Стевановски
- B1-083R-MK    **Анализа на извезените потенцијали во 6 kV кабелска мрежа на рудникот Осломеј**  
Никола Ацевски, Миле Спировски, Елена Стојкоска, Александар Ацевски

**СТК Б2    НАДЗЕМНИ ВОДОВИ**

- B2-012R-MK    **Анализа на извезените потенцијали во заземјувачкиот систем на надземен вод**  
Николче Ацевски, Методија Атанасовски, Благоја Стеваноски, Александар Ацевски
- B2-037R-MK    **Отстранување на вегетација кај надземните дистрибутивни водови во Република Македонија анализа на практиките и можности за подобрување на истите**  
Стојан Марков

- B2-068R-MK **Техничко решение за поправка на оштетен дел од ДВ 10 kV Дебар - Косоврасти**  
Киро Тасески, Оливер Мирчевски, Веле Танески
- B2-074R-MK **Привремено техничко решение за поправка на оштетен дел од двосистемскиот ДВ 110 kV Скопје 4 - Драчево**  
Киро Тасески, Бранко Минов
- B2-115R-MK **Компензација на реактивна енергија кај долги неоптоварени комбинирани водови во дистрибутивни среднонапонски мрежи**  
Миле Спировски, Христо Трајковски, Николче Ацевски, Наташа Мојсоска
- B2-048I-MK **Влијание и придобивки од далечински контролирани уреди во возобновувањето на процесите во дистрибутивната мрежа**  
Миле Дабески
- B2-147I-MK **Апликација за електронско евидентирање на податоци од инспекции на СН надземни водови**  
Александра Арсовска, Димитар Сугарев

### **СТК БЗ РАЗВОДНИ ПОСТРОЈКИ**

- B3-027R-MK **Безбедност и заштита при работа во високонапонски електроенергетски постројки**  
Димитар Арсов, Атанас Илиев
- B3-107R-MK **Напредни технологии во разводните постројки за поддршка на паметните мрежи**  
Атанас Илиев, Ангела Ѓеоргиевска
- B3-110R-MK **Едукативен софтвер за проучување на сили помеѓу паралелни проводници во режим на куса врска**  
Атанас Илиев, Мартин Трајковски, Теодора Тодоровска
- B3-020I-MK **Ревитализација на дробилична постројка во ПК Суводол РЕК Битола**  
Томе Кузмановски, Здравко Јелисковски, Јове Ѓорѓијевски
- B3-076I-MK **Анализа на предностите на хибридните високонапонски електроенергетски постројки**  
Бруно Штамбак, Роберт Робески, Виолета Попова
- B3-112I-MK **Примена на стандардизирани решенија при проектирање на типски и адаптирани дистрибутивни трафостаници 10(20)/0,4 kV**  
Миле Спировски, Христо Трајковски, Николче Ацевски, Благоја Арапиноски

### **СТК Б4 ЕДНОНАСОЧЕН ПРЕНОС И ЕНЕРГЕТСКА ЕЛЕКТРОНИКА**

- B4-023R-MK **Енергетски преобразувачи како активни филтри**  
Гога Цветковски
- B4-097R-MK **Подобрување на управувањето на асинхрон мотор кај пумпна постројка за санитарна вода**  
Данчо Смилевски, Гога Цветковски

- B4-174R-MK **Корекција на факторот на моќност за временско зависни товари во присуство на дисторзии**  
Иљјас Иљјази, Златко Николовски, Миле Маркович, Златко Крстевски, Алајдин Абази
- B4-021I-MK **Примена на фреквентни регулатори за подобрување на енергетската ефикасност во процес за добивање на катоден бакар**  
Игор Ристов

## **СТК Б5 ЗАШТИТА, АВТОМАТИЗАЦИЈА И МЕРЕЊЕ**

- B5-006R-MK **Користење на инверзните и нулти симетрични компоненти на величините при одредување на насоченоста кај заштитните релеи со осврт на нагудувањето на насоченоста во релејот SEL 411L**  
Кирил Коларовски, Тодор Ангџушев
- B5-018R-MK **Развој на метролошката инфраструктура за електрична енергија и моќност во Република Македонија**  
Бојан Илиев, Марија Чундева Блајер
- B5-065R-MK **Проценка на Ваибуловите параметри на ветрот со статистички методи за распределба на густината на енергијата**  
Маја Целеска, Владимир Димчев, Влатко Стоилков, Крсте Најденкоски
- B5-071R-EN **Азербејданско искуство од имплементација на IEC 61850 Како да се спроведат барањата од IEC 61850**  
Сеид Шоаринејд, Хорхе Секо, Хорхе Карденас
- B5-005I-MK **Користење термовизиски камери за управување на процесот електролиза за добивање на катоден бакар**  
Дејанчо Трајанов
- B5-025I-MK **Намерни далечински деструктивни влијанија врз системите на релејна заштита и Cyber безбедност**  
Зоранчо Митев, Стефче Стефановски, Тони Атанасов, Горан Андоновски
- B5-061I-MK **Влијание на ферорезонантните појави при доземен спој во 6 kV ЕЕС на Рудник Бучим и реакцијата на релејната заштита**  
Дејан Крстев, Тане Петров
- B5-131I-MK **Оптички мерни трансформатори**  
Андреј Станковски, Владимир Димчев

## **СТК Ц1 РАЗВОЈ НА СИСТЕМОТ И СТОПАНИСУВАЊЕ**

- C1-022R-EN **Статички методи за компаративна процена на напонската стабилност: Студија за ЕЕС на Албанија**  
Марјела Кемали, Рајмонда Буалоти, Мариалис Чело, Мариглен Ѓерѓи
- C1-124R-MK **Придобивки од изградба на нова ХЕЦ Глобочица 2 во хидросистемот Црн Дрим**  
Антон Чаушевски, Софија Николова Поцева, Предраг Поповски, Љупчо Петковски, Тони Маркоски

- C1-125R-MK **Енергетско искористување на дел од водите од река Вардар во електраните на река Треска преку тунел Теново - Козјак**  
Антон Чаушевски, Софија Николова Поцева, Љупчо Петковски, Влатко Павлевски
- C1-153R-MK **Енергетски придобивки од нови инвестициони проекти кај хидроенергетските системи во Македонија**  
Антон Чаушевски, Томе Бошевски, Софија Николова Поцева
- C1-158R-MK **ТЕ ТО Железара проширување конзум енергетска ефикасност ноќе со акумулатор на топлина**  
Душко Виларов, Шпреса Дургути

## **СТК Ц2 РАБОТА НА ЕЕС И УПРАВУВАЊЕ**

- C2-053R-MK **Влијание на ветерните електрани врз оптималниот режим на работа на класичните електрични центри**  
Кристина Стојаноска, Марија Смокварска, Лилјана Богоевска Мирчевски
- C2-062R-MK **Дистрибутивна контрола за оптимален економски диспечинг на производствени капацитети**  
Игор Стојановски, Филип Тодороски
- C2-075R-MK **Анализа на системот со софтверските алатки MAED и MESSAGE**  
Елена Ачкоска, Елизабета С Атанасова
- C2-090R-MK **Обезбедување на дополнителни системски услуги во ЕЕС на РМ од термоблоковите на РЕК Битола**  
Влатко Чингоски, Димитар Танурков, Емил Јовановски, Коста Папастеревски
- C2-096R-MK **Проблем на определување на оптимални моќности и напони во ЕЕС**  
Моника Лабоска, Александра Крколева Матеска
- C2-106R-EN **Магнетен засилувач - Стар принцип за нови апликации во ЕЕС**  
Александар Димитровски, Зи Ли, Бурак Озпинеци
- C2-148R-MK **Комуникација помеѓу софтверски системи при управување на енергетски дистрибутивни мрежи**  
Јаким Ристовски, Влатко Манев, Горан Маневски, Ристе Стојанов
- C2-151R-MK **Употреба на симулационен мод во SCADA системот**  
Марија Мерџановска, Димитар Бишкоски, Влатко Манев
- C2-152R-MK **Управување со планирани и непланирани активности во SCADA системот**  
Марија Мерџановска, Влатко Манев, Димитар Бишкоски, Ристе Стојанов, Горан Маневски
- C2-165R-MK **Accounting процес во D+1 во Националниот диспечерски центар**  
Изабела Неткова, Даниела Гаврилоска Јовковска, Бранка Васиќ, Синиша Спасов
- C2-139I-MK **Анализа на испади во 110 kV мрежа во охридско струшкиот регион и можноста ХЕЦ Шпиље да работи во островски режим**  
Ванчо Шахпаски, Никола Панговски

## СТК ЦЗ ЕЕС И ЖИВОТНА ОКОЛИНА

- C3-172R-MK **Компаративна анализа на бројот и типовите громобрански фаќачи со уред за рано стартување во Република Македонија**  
Петре Ристески, Владимир Димчев, Владимир Митревски
- C3-173R-MK **Модуларен громобрански фаќач Веда Тотал**  
Петре Ристески, Владимир Димчев

## СТК Ц4 ТЕХНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ И АНАЛИЗА НА СИСТЕМОТ

- C4-002R-MK **Алгоритам на итеративна оптимизација за пресметка на преносни капацитети на ЕЕС земајќи го во предвид влијанието на тековите на реактивна моќност**  
Јорданчо Ангелов, Рубин Талески
- C4-013R-MK **Намалување на загуби и вкупно хармониско изобличување во дистрибутивни мрежи за различни модели на потрошувачите со поставување кондензатори и примена на генетски алгоритам без пенали**  
Јовица Вулетик, Мирко Тодоровски
- C4-014R-MK **Оптимално поставување на дисперзирани генератори напојувани преку енергетски преобразувачи во дистрибутивни мрежи со примена на кластер метода**  
Јовица Вулетик, Мирко Тодоровски
- C4-016R-MK **Методи на подобрување на транзиентните параметри кај кондензаторските батерии**  
Бранко Наџински
- C4-029R-MK **Анализа на несиметрични и неполнофазни режими на работа на четири спроводни системи со примена на МатЛаб Симулинк**  
Борислав Тројачанец, Ристо Ачковски, Мирко Тодоровски
- C4-032R-MK **Транзиентни состојби при степенасто вклучување на кондензаторски батерии кај електролачна печка**  
Бранко Наџински
- C4-033R-MK **Кружен дијаграм на електролачната печка во Макстил**  
Бранко Наџински
- C4-046R-MK **Статистичка анализа на хидролошки подлоги на дотеците како параметри потребни за енергетска и економска валоризација на проекти за хидроелектрана**  
Гоце Божиновски, Атанас Илиев
- C4-056R-MK **Подобрен модел со две експоненцијални функции за претставување струи на атмосферски ударни празнења**  
Драгослав Рајичиќ, Мирко Тодоровски
- C4-114R-EN **Парареал пристап за паралелна динамичка симулација на ЕЕС**  
Александар Димитровски, Срѓан Шимуновиќ, Гурунат Гурала
- C4-119R-MK **Техно економска анализа на ефектите од инсталираниот фреквентен регулатор на системот за ладење на агрегатите во ХЕ Шпилје**  
Гоце Божиновски, Зоран Манојловиќ, Евзија Дестаноски, Ибрахим Лала

- C4-128R-EN **СИГРЕ/СИРЕД/ИЕЕЕ работна група C4.24 - Квалитет на електрична енергија и електромагнетна компатибилност во идните електрични мрежи - Статусен извештај**  
Мат Болен, Снежана Чундева

## **СТК Ц5 ПАЗАР НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА И РЕГУЛАТИВА**

- C5-007R-MK **Менаџмент на производството производствената цена и предизвиците на РЕК Осломеј**  
Имер Зенку
- C5-038R-EN **Потребата од заеднички третман на дебалансите во албанскиот и косовскиот електроенергетски систем**  
Ени Саке, Мариалис Чело, Мариела Џемали
- C5-120R-MK **Влијание на откупот на електрична енергија произведена од повластените производители врз цената на електрична енергија за потрошувачите во Република Македонија**  
Наташа Вељановска, Марко Бислимоски, Елизабета Арсова, Димитар Петров, Светлана Јаневска
- C5-121R-MK **Ефекти од либерализацијата на пазарот на електрична енергија**  
Марко Бислимоски, Наташа Вељановска, Елизабета Арсова, Видан Кулевски, Куштрим Рамадани
- C5-122R-MK **Влијание на укинувањето на ниската тарифа врз дневниот дијаграм на оптоварување и вкупните трошоци на ЕЕС на Република Македонија**  
Марко Бислимоски, Димитар Петров, Видан Кулевски, Светлана Јаневска, Елена Маркова Велинова
- C5-123R-MK **Подобрување на начинот и условите за приклучување на корисниците на електродистрибутивната мрежа согласно Мрежните правила за дистрибуција на електрична енергија**  
Елизабета Арсова, Марко Бислимоски, Наташа Вељановска, Елена Маркова Велинова, Куштрим Рамадани
- C5-130R-MK **Анализа на можностите за примена на интелигентни броила како предуслов за реализирање на интелигентни електроенергетски мрежи**  
Мерита Дема, Александра Крколева Матеска, Петар Крстевски, Весна Борозан
- C5-154R-MK **Истражување на модели на берза на електрична енергија во Република Македонија**  
Петар Крстевски, Весна Борозан, Александра Крколева Матеска, Јорданчо Ангелов, Рубин Талески
- C5-155R-MK **Истражување на можностите за формирање регионална берза на електрична енергија**  
Александра Крколева Матеска, Петар Крстевски, Весна Борозан, Јорданчо Ангелов, Рубин Талески
- C5-170R-MK **Обврски и пазарни функции на современ оператор на дистрибутивен систем**  
Александра Дејкоска, Елена Колевска, Петар Крстевски, Александра Крколева Матеска, Весна Борозан

## СТК Ц6 ДИСТРИБУТИВНИ СИСТЕМИ И ДИСПЕРЗИРАНО ПРОИЗВОДСТВО

- C6-001R-MK **Анализа на прекуструјната заштита на дистрибутивните изводи со дисперзирано производство**  
Методија Атанасовски, Љупчо Трпезановски
- C6-003R-MK **За една формула во Измени и дополнување на мрежните правила за дистрибуција на електрична енергија**  
Драгослав Рајчиќ
- C6-008R-MK **Браните како можни локации за фотоволтаични електрани**  
Димитри Јанкоски
- C6-010R-MK **Хибриден систем за снабдување на оранжерија со постројка на биогаз и фотоволтаичен генератор**  
Владимир Најдовски, Димитар Димитров
- C6-035R-EN **Потреба од примена на паметни мерења при управувањето на дистрибутивниот систем од албанскиот електроенергетски систем**  
Генци Шарко, Ани Дашо, Раимонда Буаљоти
- C6-047R-MK **Нов метод за распределба на загубите на енергија во РДМ без дисперзирано производство**  
Љупчо Трпезановски, Методија Атанасовски, Томче Мијовски
- C6-049R-MK **Интегрирана регулација на напоните и реактивните моќности во дистрибутивните системи**  
Марија Ташовска, Петар Крстевски, Александра Крколева Матеска, Оливер Мирчевски, Влатко Манев, Весна Борозан
- C6-079R-EN **Влијание на мала хидроелектрична централа врз напонските прилики во дистрибутивен систем**  
Астрит Барди, Миртеза Бранеши
- C6-092R-MK **Примена на фотоволтаичен систем во домаќинства при можност за размена на електричната енергија**  
Димитар Димитров, Горан Чогеља
- C6-098R-MK **Биогазна електрана со моќност од 2 MW во Логоварди од проект до реализација**  
Наташа Мојсоска, Миле Спировски
- C6-109R-MK **Алгоритми за подредување на јазли и гранки во радијални дистрибутивни мрежи**  
Љубен Илиоски, Александра Крколева Матеска, Петар Крстевски, Весна Борозан
- C6-136R-EN **Анализа на загуби на моќност и напонски прилики во дистрибутивен извод со повеќе дисперзирани генератори**  
Стефани Гелева, Димитар Димитров
- C6-143R-MK **Алгоритам за проценка на максимална активна моќност на корисник во нисконапонска мрежа**  
Влатко Манев, Киро Милевски, Ристе Стојанов, Горан Маневски

## СТК Д1 МАТЕРИЈАЛИ И НОВИ ИСПИТНИ ТЕХНИКИ

- D1-036R-MK **Реализација и верификација на виртуелен инструмент за мерење на агол на загуби**  
Бодан Велковски, Живко Коколански
- D1-057R-MK **Испитување на електрични проводници со помош на секундарна емисија на X-зраци**  
Живко Коколански, Маре Србиновска, Владимир Димчев
- D1-132R-MK **Преглед на современи мерни техники за карактеризација на магнетни материјали**  
Марија Чундева Блајер
- D1-175R-MK **Нови концепти на мезопорозни филмови од титаниум диоксид за сензитивни сончеви ќелии**  
Христина Спасевска, Тања Ивановска, Џанпиеро Руани
- D1-135I-EN **Развој на виртуелен инструмент за мерење на квалитет на електрична енергија**  
Стефан Аговски, Владимир Димчев, Живко Коколански

## СТК Д2 ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ И ТЕЛЕКОМУНИКАЦИИ

- D2-034R-EN **Интерфејс на системот за наплата на албанскиот оператор за дистрибуција на електрична енергија со банкарскиот систем**  
Ани Дашо, Генци Шарко, Индрит Бахоли, Ердет Келичи
- D2-073R-MK **Справување со ХД и ПМД во оптичките транспортни мрежи**  
Благој Трајкоски, Борислав Поповски
- D2-103R-MK **Примена на програмибилни логички управувачи во интелигентни домови**  
Димитар Трајковски, Александра Крколева Матеска
- D2-126R-EN **Информационен систем за поддршка на деловните процеси на локална канцеларија за издавање на ЕИС кодови**  
Иван Фучек, Борис Голуб, Нела Билчар, Ѓордана Миличиќ
- D2-134I-MK **Функционално разграничување помеѓу МЕПСО и ЕВН Македонија и ЕЛЕМ**  
Антон Петровски



Славица Костадинова, Аце Панев, Влатко Чингоски  
Електротехнички факултет, Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип, Македонија

### ЗГОЛЕМУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКАТА ЕФИКАСНОСТ КАЈ ВОДОСНАБДИТЕЛНИТЕ СИСТЕМИ

#### КУСА СОДРЖИНА

Сведоци сме на брзиот и постојан раст на цените на енергенсите, а и сите очекувања се дека тие и во иднина ќе растат така што се јавува потреба од зголемување на енергетската ефикасност при нивното користење. Со зголемувањето на енергетската ефикасност значително може да се постигне намалување на загубите и трошоците како за топлинска така и за електрична енергија.

Водоснабдителните системи спаѓаат во редот на релативно големи потрошувачи на електрична енергија, а особено на ангажирана моќност. Инвестициите во зголемување на енергетската ефикасност кај овие системи не само што имаат економска димензија, туку обезбедува и дополнителни позитивни ефекти особено во делот на заштитата на животната средина. Во овој труд, на прво место дадена е анализата на степенот на ефикасно користење на електрична енергија како и изработката на соодветна техно-економска анализа за енергетската потрошувачка за еден реален водоснабдителен систем, а потоа се презентирани предлог методи за подобрување на енергетската ефикасност на водоснабдителниот систем, заедно со економската анализа на придобивките од реализацијата на овие методи.

Клучни зборови: водоснабдување, енергетска ефикасност, оптимизација, економија.

#### 1 ВОВЕД

Кај водоснабдителните системи енергијата се користи во сите чекори на нејзиното производство, почнувајќи од пумпањето на водата во водените резервоари, преку процесот на прочистување на водата, па се до пренесување на истата преку водоводната мрежа до крајните корисници.

Загубите на енергија кај овие системи генерално е условено од повеќе причини:

- несоодветно дизајнирани пумпни станици,
- недостатоци во инсталацијата и одржувањето на опремата,
- стари цевководи со големи загуби,
- „тесни грла“ во водоснабдителната мрежа,
- прекумерен или недоволен притисок на водата во системот и сл.

Во овој труд се предложени неколку посовремени мерки за зголемување на енергетската ефикасност кај водоснабдителните системи, а дополнително е дадена и анализа на евентуалните технички и економски придобивки од тие мерки и дефинирани се соодветни предлози за модернизација на водоснабдителните системи, преку примена на современи компјутерски и телекомуникациски техники и постапки.

При тоа, на барање на сопственикот на водоснабдителниот систем, намерно е одбегната анализа со примена на современи енергетски претворувачи како уреди за управување на погонските мотори од две причини:

(1) бидејќи постојните електромотори се релативно нови и нивната замена со нови и посовремени нема економска оправданост, и

(2) бидејќи се работи за релативно мал водоснабдителен систем, нема потреба од континуирана регулација при работата на пумпните системи, напротив, барањето беше со користење на веќе постоечките водени резервоари да се оптимира и максимално намали потребата од работа на пумпните системи, а со тоа и да се намалат оперативните трошоци на претпријатието.

Заради овие две причини, од авторите се бараше да се анализираат и предложат други административно-технички методи за оптимизација на работниот режим и зголемување на енергетската ефикасност, односно намалувањето на оперативните трошоци на претпријатието.

Анализите се поткрепени со реални податоци за работата и трошоците при работата на еден конкретен водоснабдителен систем, водоснабдителниот систем при ЈП „Плаваја“ од Радовиш, за кој е прикажана постоечката енергетска состојба и е одредена референтната годишна потрошувачка на енергетските ресурси.

## **2 АНАЛИЗА НА РЕАЛЕН ВОДОСНАБДИТЕЛЕН СИСТЕМ**

Општина Радовиш има покриеност од 75% со водоводна инфраструктура. Наголем дел од оваа покриеност припаѓа на водоснабдителниот систем ЈП „Плаваја“ – Радовиш, а помалку на помали локални водоснабдителни системи. Водоснабдувањето во градот се обезбедува по гравитациски пат од каптажа „Амбари“, „Стара каптажа“ и „Филтер станица“, како и со пумпање од двете пумпни станици „Индустија“ и „Куклевица“. Овие две пумпни станици се поврзани со црпен базен кој се полни со вода од десет бунари [1].

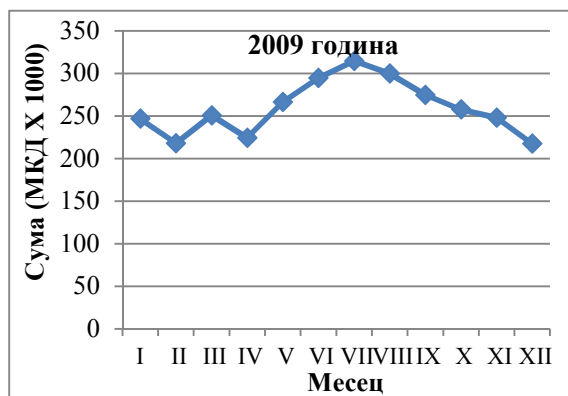
Потрошувачката на вода претставува променлива величина. Нејзината вредност варира во годишните, месечните, дневните и часовните биланси на потрошувачка. Променливите вредности за потрошувачката на вода воглавно потекнуваат од климатските услови, режимите на работа на индустриските погони, бројот на жители, стандардот на населението и сл. Вообичаено се јавува поголема потрошувачка на вода во летниот во споредба со зимскиот период [2].

За да се направи анализа на карактеристиките на водоснабдителниот систем на ЈП „Плаваја“ – Радовиш направена е реална симулација на истиот со помош на програмскиот пакет LabView на National Instruments.

## **3 РЕФЕРЕНТНА ГОДИШНА ПОТРОШУВАЧКА НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА**

За потребите на оваа студија извршена е анализа на трошоците за електрична енергија за последните 6 години со цел да се определат мерките за поголема енергетска ефикасност на системот. На Сл. 1 и 2 се прикажани графици за износите за потрошените парични средства за електрична енергија и моќност за 2009 и 2012 година.

Од графици може да се забележи дека во 2009 г. претпријатието имало големи трошоци за електрична енергија, последователно во сите месеци. Заради зголемената потрошувачка на вода во текот на летните месеци, трошоците се поголеми во овој период на годината. За разлика од 2009, во 2012 г. претпријатието значително ги намалило трошоците за електрична енергија. Ваквата намалена потрошувачка на електрична енергија се должи пред сè на исклучувањето на пумпните станици во текот на зимскиот период, односно промена во режимот на работа и користење само на т.н. гравитационо водоснабдување на граѓаните во текот на зимскиот период. Ваквиот режим на водоснабдување е воведен на крајот од 2010 г.

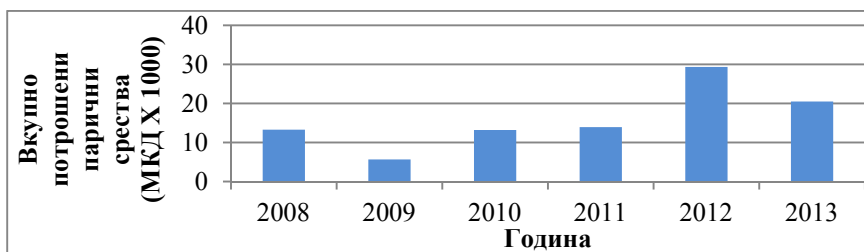


Слика 1 Потрошени парични средства за електрична енергија по месеци за 2009 година



Слика 2 Потрошени парични средства за електрична енергија по месеци за 2012 година

Дополнително, направена е анализа на потрошените парични средства за покривање на реактивна моќност за период од 2008 до 2013 г. Графикот е претставен на Сл. 3, од каде може да се забележи дека во последните 6 години претпријатието плаќа прилично високи трошоци за потрошена реактивна енергија.



Слика 3 Трошоци за користење на дополнителна реактивна моќност од електричната мрежа за период од 2008 до 2013 година

#### 4 ПРОБЛЕМИ И СЛАБОСТИ ВО СИСТЕМОТ ЗА ВОДОСНАБДУВАЊЕ

Од направената анализа на моменталната состојба на системот и за референтната годишна потрошувачка дојдено е до заклучок дека кон крајот на 2010 година се направени успешни обиди за зголемување на енергетската ефикасност во системот преку реорганизација на работата на пумпите во зависност од периодот (*летен/зимски*) т.е воведувањето на зонско водоснабдување со вода на потрошувачите носи значителен економски бенефит во работата на компанијата.

Дополнително, од направеното истражување за реактивната енергија во системот дојдено е до заклучок дека кај водоснабдителниот систем на ЈП „Плаваја“ се користат два типа на асинхрони мотори кои користат реактивна моќност директно од електричната мрежа. Оваа т.н. реактивна енергија ја користат електроенергетските уреди (*мотори, генератори, трансформатори и сл.*) за создавање на електромагнетно поле како медиум за претворање на енергијата од еден во друг вид. Оваа енергија не се претвора во корисна работа [3]. Токму реактивната енергија е една од причините за повисоките сметки за електрична енергија кои претпријатието ги плаќа секој месец.

Што се однесува до режимот на работење на пумпите во пумпната станица „Индустија“, освен што се врши нивно исклучување во текот на зимските месеци, не постои начин за регулирање на нивното вклучување и исклучување во текот на летните месеци. Според добиените информации, се врши рачно вклучување/исклучување на пумпите од страна на оператор. Ова не само што е уште еден од проблемите со кои се соочува ова претпријатие, туку е и една од причините за зголемени трошоци за потрошена електрична енергија.

## 5 РЕЗУЛТАТИ ОД ИСТРАЖУВАЊЕТО

Во текот на истражувањето е дојдено до идеја, покрај реорганизацијата на работата на пумпите, да се примени сет од дополнителни мерки за надминување на воочените слабости во системот за водоснабдување, меѓу кои како позначајни се:

- подобрување на факторот на моќност  $\cos\phi$  кај електромоторите кои ги погонуваат пумпите со цел елиминирање на вишокот на реактивна моќност која системот за водоснабдување ја превзема од електроенергетската мрежа и за која се плаќаат дополнителни финансиски трошоци,
- развој на систем за автоматско регулирање на трите основни параметри во системот за водоснабдување: притисок, проток и количина на вода во резервоарите.

### 5.1 Мерка #1: Реорганизација на работата на пумпите

Со примената на оваа мерка, не само што е овозможено намалување на трошоците за електрична енергија, туку се овозможени и следниве технички придобивки:

- „ослободување“ на моторите и пумпите од непотребно оптоварување,
- зголемување на ефикасноста на моторите и пумпите,
- продолжување на нивниот работен век,

Главниот недостаток на овој метод е намалување на квалитетот на услугите за водоснабдување, односно намален притисок и проток на вода во текот на летните месеци и постојано исти трошоци за водоснабдување. Но, ако се земе во предвид дека за реализација на оваа мерка нема инвестициони трошоци и дека постои заштеда од околу 67.5%, можеме да констатираме дека станува збор за економски исплатлива мерка.

### 5.2 Мерка #2: Компензација на потребната реактивна моќност и енергија

Со примена на соодветна компензација на реактивната моќност од кондензаторски батерии во системот на ЈП „Плаваја“ може да се постигне значително зголемување на енергетската ефикасност на целиот систем. Примената на кондензаторски батерии, може да обезбеди само дел од потребната реактивна моќност, со што ќе се обезбеди значително зголемување на факторот на моќност до вредност 0.96, односно до границите на дозволено превземање на реактивна енергија од електроенергетскиот систем [4].

Пресметката за потребната реактивна моќност за компензација и изборот на типот на компензација се двата најбитни чекори во постигнувањето на економските придобивки на предложената мерка.

Реактивната моќност која треба да биде генерирана од кондензаторските батерии може да се добие со равенката:

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P * (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) [VAr] \quad (1)$$

Врз основа на податоците добиени од одговорните лица во ЈП „Плаваја“ – Радовиш и прикажаната формула може да се направи пресметка на потребната реактивна моќност која ја користат двата типа на асинхронни мотори кои се применуваат во овој водоснабдителен систем за погонување на пумпите. Според нашите пресметки, вкупната реактивна моќност која дополнително треба да биде обезбедена од кондензаторските батерии е 4.9 kVAr за првиот тип на асинхронен мотор и 12.9 kVAr за вториот тип на асинхронен мотор. Односно, за компензација на вкупната реактивната моќност за целиот систем (*двете пумпни станици и сите пет мотори*), потребна е вкупна реактивна моќност од најмалку 40.5 kVAr.

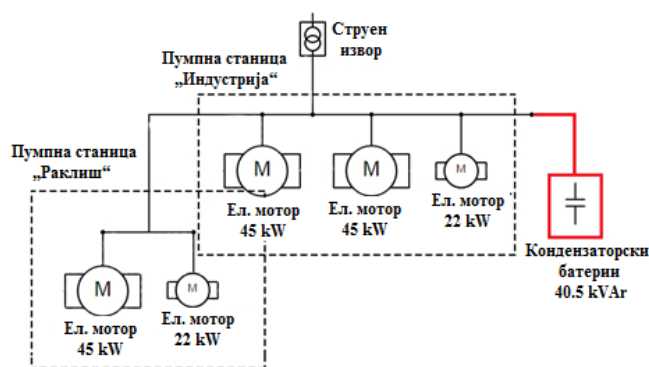
Поради стабилноста на системот и постојаниот фактор на оптоварување, како и поради краткото растојание помеѓу пумпните станици и трафостаницата (*помалку од 10 m*), се предлага централна компензација. Според ваквиот начин на компензација, кондензаторските батерии би требало да бидат поставени веднаш до пумпните станици, односно до напојниот трансформатор, со цел да се обезбеди доволно реактивна моќност за целиот систем.

Со примената на централната компензација, освен што ќе се овозможи намалување на трошоците за прекумерно користење на реактивна моќност, ќе се овозможи и „ослободување“

на енергетскиот трансформатор од непотребно дополнително оптоварување, со што би се овозможило:

- зголемување на неговата ефикасност, и
- продолжување на неговиот работен век [5].

Главниот недостаток на централниот тип на компензација е тоа што реактивната струја која е генерирана од кондензаторските батерии ќе протекува и низ каблите за напојување до пумпните станици со што ќе се добијат дополнителни загуби. Но, поради краткото растојание помеѓу трансформаторот и пумпните станици, може да се смета дека во пракса овие загубите ќе бидат незначителни.



Слика 4 Шема на пумпните станици на ЈП „Плаваја“.

На Сл. 4 прикажана е шемата на двете пумпни станици на ЈП „Плаваја“ со додадената кондензаторска батерија за компензација на реактивната моќност. Применета е фиксна кондензаторска батерија со минимална инсталирана моќност од 40.5 kVAr.

Што се однесува на финансиските придобивки од реализацијата на оваа мерка, потребни се единечни инвестициски трошоци на ниво од околу 8.89 €/kVAr, односно околу 547 МКД/kVAr, односно вкупната инвестиција за нарачка на предложената опрема за компензација во висина од 40,5 kVAr потребни се околу 326.5 €.

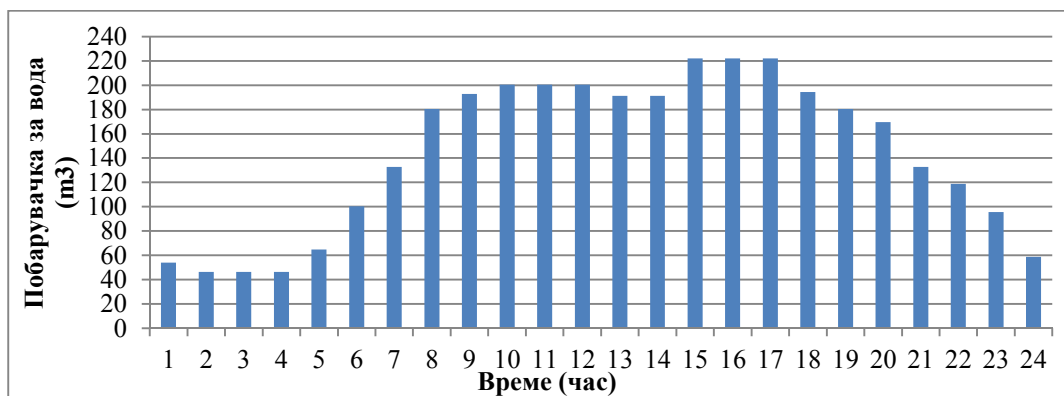
Со оглед дека вкупните финансиски средства потрошени за реактивната моќност за период од 2008 до 2013 (Сл. 3) година изнесуваат 95.908 МКД = 1.559 €, т.е просечно 259.83 € годишно, може да заклучиме дека оваа инвестиција е високо исплатлива бидејќи истата би се отплатила за период од околу 1 година и 3 месеци, што резултира со намалување на годишните енергетски трошоци на претпријатието за приближно 1,7% од вкупните трошоци за електрична енергија.

### 5.3 Мерка #3: Оптимизација на режимот на работа на пумпите во зависност од потребите и цените на електричната енергија

Режимот на работа на пумпите станува комплексен процес кога станува збор за поголем водоснабдителен систем. Во нашето истражување се разгледувани различните распореди на работа на пумпите на водоснабдителниот систем на ЈП „Плаваја“ – Радовиш со цел да се најде оној кој ќе обезбеди намалена потрошувачка на електрична енергија, како и намалени трошоци за одржување на пумпите. Зголемената потрошувачка на електрична енергија во текот на месеците од мај до ноември покажува дека во овој период потребно е да се врши вклучување на двете пумпни станици. Имајќи предвид дека примена на фреквентни претворувачи за управување на погонските мотори не беа цел на истражувањето заради специфичните барања на инвеститорот наведени во воведот на овој труд, потребно беше да се пристапи кон реализација на нови активности за зголемување на ефикасноста во процесот.

За да можеме да одредиме колкава е заштедата на електричната енергија со реализација на оваа мерка користиме реална симулација на системот во LabView на National Instruments. За таа цел користиме податоци за максималната часовна потрошувачка на вода деловите од градот

кои се водоснабдуваат со помош на пумпната станица „Индустија“. На Сл. 5 е прикажан графикот за дадените вредности.



Слика 5 Максимална часовна побарувачка на вода

### Регулирање на количината на вода во резервоарот

Со регулација само на нивото односно количината на вода во резервоарот, може да се изврши оптимизација на трошоците само од аспект на самото претпријатие. При тоа, прв чекор од реализацијата на предложената мерка е ставање во употреба на резервоарот „Индустија“. Оптимизацијата е реализирана преку определување на оптимални горни и долни граница на нивото на водата во резервоарот, при што иницијално е земено горната градница да биде 900 m³, односно максималниот капацитет на резервоарот. Предвидено е негово полнење до ова максимално ниво да се реализира исклучиво само во текот на ноќните часови и без регулација, односно пумпите или работат со полна снага или воопшто не работат.

Во симулацијата користени се два периода во текот на едно деноноќие:

- за период од 7:00 до 22:00 часот, односно период на висока тарифа и соодветно висока цена на електричната енергија,
- за период од 22:00 до 7:00 часот, односно период на ниска тарифа и соодветно ниска цена на електричната енергија.

Во Табелата 1 прикажани се резултатите од симулацијата во случај кога се врши регулирање само на еден параметар (*количина на вода во резервоарот*) т.е. со избор на целна функција да бидат вкупните парични средства кои претпријатието би потрошило доколку го реализира предложениот метод.

Табела 1: Трошоци за различни оптимизациони параметри

		07:00-22:00 ч.		
		200 m³ и 300 m³	200 m³ и 500 m³	200 m³ и 900 m³
22:00-07:00 ч.	800 m³ и 900 m³	2.321 МКД	2.357 МКД	2.721 МКД
	500 m³ и 900 m³	2.549 МКД	2.454 МКД	2.910 МКД
	300 m³ и 900 m³	2.557 МКД	2.553 МКД	2.923 МКД

Од табелата може да се забележи дека најмала потрошувачка на електрична енергија би имало кога вредностите на горното и долното ниво на резервоарот во текот на ноќните часови, односно од 07:00 до 22:00 часот би биле 200 m³ и 300 m³, а додека пак за периодот од 22:00 до 07:00 би биле 800 m³ и 900 m³.

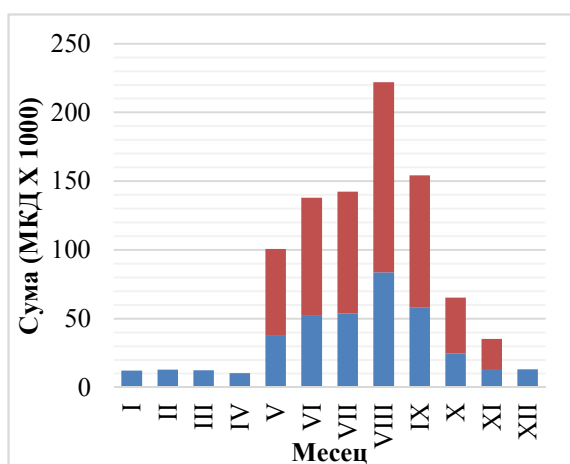
### Регулирање на притисокот

Вториот сет на оптимизација со користење на истата целна функција – минимизација на трошоците на претпријатието, е реализиран со воведување на втор оптимизационен критериум: вредност на притисок на вода во дистрибутивниот систем. Во овој случај, притисокот „го одржуваме“ на нормална зададена вредност за притисок кај водоснабдителните системи од 5

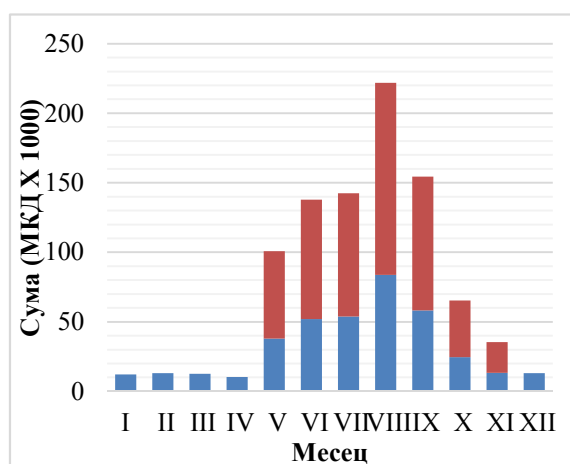
bar, без притоа да се води сметка за количината на вода во резервоарот. Во овој случај, оптималното решение за текот на 24 часовна работа ги дава следните оптимални вредности: потрошувачка од 720 kWh во скапа и 241 kWh во ефтина тарифа, односно 2.721 МКД за 24 часа, односно за месец од 30 денови, претпријатието би потрошило вкупно 81 630 МКД.

### Регулирање на количината на вода во резервоарот и на притисокот

Конечно, оптимизацијата е реализирана и со користење на двата оптимизациони критериуми заедно, ниво на водата во резервоар и вредноста на притисокот на водата во дистрибутивната мрежа, а за иста целна функција – минимални трошоци за енергија. Во овој случај, всушност имплицитно се врши и оптимизација односно подигнување на квалитет на водоснабдување заради континуирано обезбедување на минимален потребен притисок на водата во дистрибутивната мрежа. При оваа оптимизација, добиено е дека за нормална работа во текот на 24 часа, претпријатието ќе потроши 685 kWh во скапа и 244 kWh во ефтина тарифа, односно вкупно 2.614 МКД на ден, односно за просечен месец од 30 работни денови вкупните трошоци на претпријатието би биле 78 420 МКД.



Слика 6 Месечни заштеди со оптимизација само на нивото на вода во резервоарот



Слика 7 Месечни заштеди со оптимизација само на нивото на вода во резервоарот и притисокот на водата

Според направените симулации и анализата на добиените резултати дојдовме до заклучок дека најголеми заштеди на електрична енергија би се добиле во случај кога би се вршела оптимизација на режимот на работа на пумпите од пумпната станица „Индустија“ со регулирање на параметарот количина на вода во резервоарот. Заштедната по месеци која би се добила со имплементација на овој метод е дадена со црвена боја на графикот на Сл. 6.

На Сл. 6 со црвена боја се прикажани сумите по месеци кои ќе ги заштеди претпријатието доколку се одлучи да го реализира предложениот метод. Може да се забележи дека на годишно ниво со примена на метод на оптимизација на работата на пумпите само во текот на денот и ноќта претпријатието може да заштеди околу 570 415 МКД т.е. околу 9 275 €.

Сепак, само со оваа оптимизација, не се постигнува подигнување на квалитетот на водоснабдителната услуга, т.е. во текот на летниот период се случува корисниците да добиваат вода со слаб притисок (*под 5 bar*). Затоа, предложениот метод според кој освен регулирање на количината на водата во резервоарот се врши и регулирање на притисокот би било поцелисходно, како за компанијата која врши водоснабдување така и за потрошувачите на вода.

Заштедната по месеци која би се добила со имплементација на мултиваријабилната оптимизација дадена е на Сл. 7 од која може да се забележи дека на годишно ниво со примена на овој метод претпријатието може да заштеди 533 874 МКД т.е. околу 8 681 €.

Со сумирање на сите трошоци, вклучувајќи ги и трошоците за набавка и инсталација на SCADA системот, за што се потребни инвестициони средства во висина од околу 21 700 €, вкупните инвестициски трошоци би се отплатиле за период од околу 2.3 години во случај на

примена на методот на регулирање само на количина на вода во резервоар, или околу 2.5 години доколку се регулираат двата параметри, количината на водата во резервоар и нејзиниот притисок во дистрибутивната водоводна мрежа.

## 6 ЗАКЛУЧОК

Според претходно изложеното, видот и суштината на предложените мерки за намалување на оперативните трошоци и зголемување на ефикасноста, во Табела 2 се прикажани и економските придобивки од секоја од предложените мерки:

**Табела 2: Инвестициона вредност и време на отплата за предложените мерки**

Предложена мерка	Инвестициона вредност	Време на отплата на инвестицијата
Реорганизација на работата на пумпите	/	/
Компензација на потребната реактивна моќност и енергија	20 079 МКД / 326.5 €	1 година и 3 месеци
Оптимизација на режимот на работа на пумпите во зависност од потребите и цените на електричната енергија	1 334 550 МКД / 21 700 €	2 години и 4 месеци / 2 години и 6 месеци

Според сумарните резултати од истражувањето, прикажани во Табела 2, за водоснабдителниот систем на ЈП „Плаваја“, а при тоа имајќи предвид дека опцијата за примена на фреквентни претворувачи како дополнителна опрема за регулација на протокот на вода во пумпниот систем, беа исклучени од анализата по барање на инвеститорот, како оптимални и применливи на краток рок за намалување на оперативните трошоци на претпријатието беа предложени следните мерки:

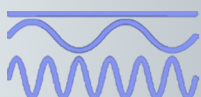
- 1) Усовршување на методот на зонско водоснабдување на градот со цел подобрување на квалитетот на водоснабдителните услуги на корисниците.
- 2) Купување на опрема за компензација на реактивната енергија и со тоа за елиминирање на финансиските трошоци за на набавка на истата од дистрибутивната мрежа.
- 3) „Активирање“ на резервоарот „Индустија“.
- 4) Инвестирање во SCADA систем за мониторинг и управување на количината на вода во резервоарот со цел оптимизирање на режимот на работа на пумпите во зависност од потребите и цените на електрична енергија.

Ваквата ранг-листа на мерки е предложена на одговорните лица во ЈП „Плаваја“ - Радовиш со цел тие да одлучат кои од предложените мерки се технички и економски прифатливи.

## 7 ЛИТЕРАТУРА

- [1] ЈП “Плаваја”. Снабдување со вода за пиење и одведување на урбани иотпадни води во Општина Радовиш 2013 година. Јануари, 2014
- [2] L.K Reynolds, S. Bunn. Integrating Water Systems - Boxall & Maksimovic (eds): Improving energy efficiency of pumping systems through real-time scheduling systems, Taylor & Francis Group, London 2010
- [3] Schneider Electric. Reactive Energy Management – Low Voltage components, January 2013
- [4] Свет на енциклопедиски знаења. Реактивна моќност, Превземено на 21 април 2015 г. <http://mk.swewe.net/>
- [5] ABB, Power factor correction and harmonic filtering in electrical plants, Tchnkical Application Papers No. 8, December, 2010





Digital Energy



NALCO SYSTEMS  
BMS - Building Management Systems



RADE KONČAR  
KONTAKTORI I RELEI D.O.O.

